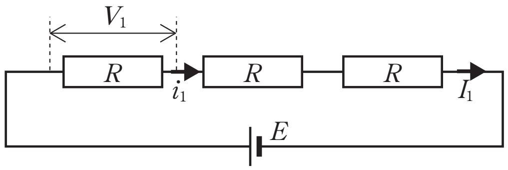
第 34 講　電気抵抗と直流回路

1

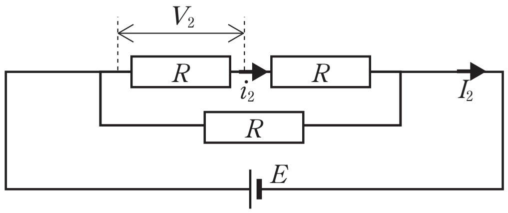
［A］

抵抗値が R の抵抗と起電力 E の電源を使って図(a)，(b)，(c)のような回路を作った。図中に示してある V_1，V_2，V_3 はその場所の抵抗にかかる電圧，i_1，i_2，i_3，I_1，I_2，I_3 は矢印で示した場所を流れる電流である。図(a)，(b)，(c)のそれぞれの場合について，回路全体で消費する電力を P_1，P_2，P_3 とする。

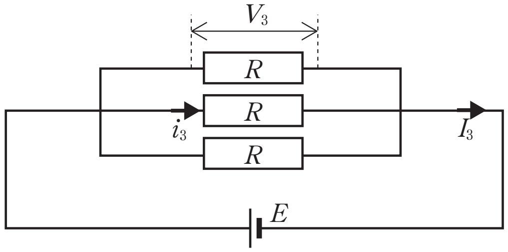
電圧 V_1，V_2，V_3，電流 i_1，i_2，i_3，I_1，I_2，I_3，消費電力 P_1，P_2，P_3 を，抵抗値 R，起電力 E を用いて求めよ。



(a)



(b)

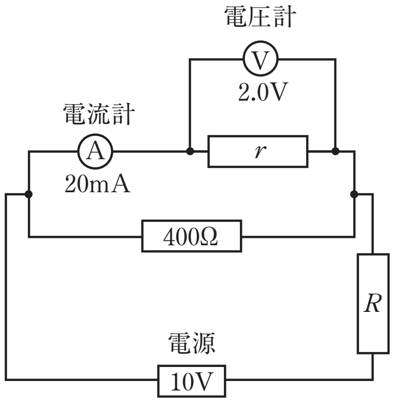


(c)

［B］

次図に示すような回路を作り，抵抗 r に並列に直流電圧計，直列に直流電流計を接続した。これに電圧 10V の直流電源を接続したところ，電圧計は 2.0V，電流計は 20mA を示した。電流計の内部抵抗と，電圧計を流れる電流は無視できる。以下の問について有効数字 2 けた，単位をつけて答えなさい。

(1)　400 Ω の抵抗に流れる電流を求めなさい。
(2)　抵抗 R の両端間の電圧を求めなさい。
(3)　抵抗 R に流れる電流を求めなさい。
(4)　抵抗 R の抵抗値を求めなさい。
(5)　この回路の消費する電力を求めなさい。



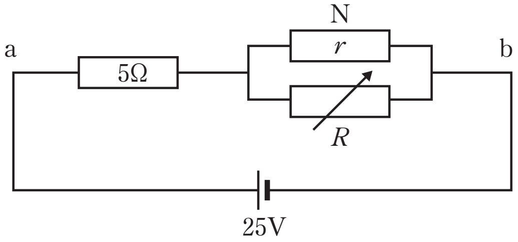
©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

＜ Note ＞

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2

抵抗値 5 Ωの電気抵抗と，抵抗値 r［Ω］の電気抵抗 N と可変抵抗（抵抗値を R［Ω］とし，R を変えることができる）を図のように接続し，これに起電力 25V の電池を接続して回路を作った。電池の内部抵抗は無視してよい。以下の問に答えよ。



⑴　ab 間の合成抵抗は何Ωか。

⑵　電池を流れる電流は何 A か。

⑶　電気抵抗 N を流れる電流は何 A か。

⑷　電気抵抗 N の抵抗値を $r=15$［Ω］とする。N から 1 秒間に発生するジュール熱を 15［J/s］とするには可変抵抗の抵抗値 R を何Ωとすればよいか。

⑸　⑷のとき，電池が供給する電力は何 W か。

⑹　可変抵抗の値を $R=20$［Ω］にする。このとき，電気抵抗 N として何Ωの抵抗値を持つものを用いれば，N で発生するジュール熱を最大にすることができるか。

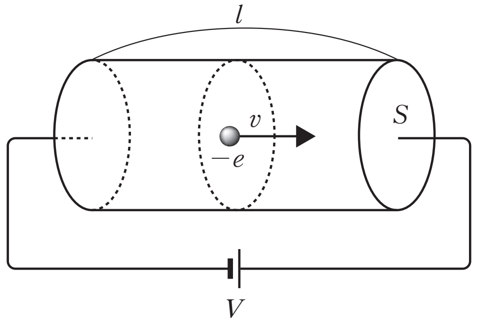
ⓒRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

＜ Note ＞

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

3

図に示すように, 断面積 S [m^2] , 長さ l [m] の円柱の導体があり, 両端の電圧は V [V] で, 大きさ I [A] の電流が流れている。図の中央には, ひとつの自由電子とその平均の速さ v [m/s] が代表的に示してある。



(1) 電流の大きさ I は, 単位時間当たりに導体の断面を通過する電気量である。電気素量を e [C], 自由電子の平均の速さを v, 単位体積中の自由電子の数を n [m^{-3}] とすると, I は次式で表される。

$I=$ [1] [A]　……(1)

解答群

① ev　② en　③ env　④ env^2
⑤ evS　⑥ enS　⑦ $envS$　⑧ env^2S
⑨ e^2nS　⑩ e^2nvS　⑪ e^2nv^2S

(2) 導体に一定の電流が流れているとき, 自由電子は一定の平均の速さ v で移動している。このとき, 自由電子が強さ E [N/C] の電場から受ける大きさ F_1 [N] の力と, 導体中の陽イオンから受ける大きさ F_2 [N] の抵抗力はつりあっている。図に示す場合は, E は [2] [N/C], F_1 は [3] [N] となる。F_2 は, 陽イオンの熱振動によって自由電子の動きを妨げる抵抗力である。この抵抗力の大きさが電子の速さ v に比例すると考えると, 比例定数を k [N·s/m] として $F_2=kv$ となる。これらのことから, v は次式で与えられる。

$v=$ [4] [m/s]　……(2)

解答群

① Vl　② $\frac{V}{l}$　③ eVl　④ $\frac{eV}{l}$
⑤ $\frac{eVl}{k}$　⑥ $\frac{eV}{kl}$　⑦ VlS　⑧ $\frac{VS}{l}$
⑨ $eVlS$　⑩ $\frac{eVS}{l}$　⑪ $\frac{eVlS}{k}$　⑫ $\frac{eVS}{kl}$

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

< Note >

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

(3)　式(1)と式(2)から導かれる関係式をオームの法則と比較することにより，図に示す円柱の導体の電気抵抗は［ 5 ］［Ω］と表される。

解答群

① $\dfrac{neS}{kl}$　② $\dfrac{ne^2S}{kl}$　③ $\dfrac{neS}{klV}$　④ $\dfrac{ne^2S}{klV}$

⑤ $\dfrac{klV}{neS}$　⑥ $\dfrac{kl}{neS}$　⑦ $\dfrac{kl}{ne^2S}$　⑧ $\dfrac{klV}{ne^2S}$

(4)　自由電子が電場からされる仕事は，抵抗力に打ちかって進むのに必要なエネルギーとして使われ，最終的には熱に変わる。1秒間に自由電子1個が電場からされる仕事は［ 6 ］［J/s］である。図の円柱の導体中の自由電子の総数は［ 7 ］個なので，この導体中の全自由電子が毎秒される仕事は［ 8 ］［J/s］であり，これはジュール熱 IV［J/s］に等しい。

解答群

① eVl　② eV　③ $\dfrac{evV}{l}$　④ $enVl$

⑤ enV　⑥ $enVlS$　⑦ $enVS$　⑧ nS

⑨ nl　⑩ nlS　⑪ $\dfrac{e^2V^2}{kl^2}$　⑫ $\dfrac{nSe^2V^2}{kl}$

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

＜ Note ＞

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第 34 講　確認テスト

以下の各問について，解答群の中からもっとも適する答を１つ選びなさい。

２つの抵抗 R_1，R_2 にそれぞれ電圧を加えて抵抗に流れる電流を測定したところ，電圧と電流の関係は図１のようになった。

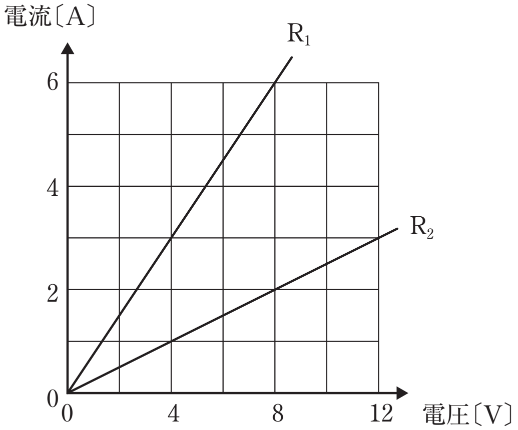


図１

問１．抵抗 R_2 の抵抗値は何Ωか。［ 1 ］

この２つの抵抗 R_1，R_2 と可変抵抗（抵抗値を連続的に変えられる抵抗）R を，図２のように導線でつなぎ，これらを起電力 12V の電源 E に接続した。このとき，電源 E に流れる電流は 4.0A であった。

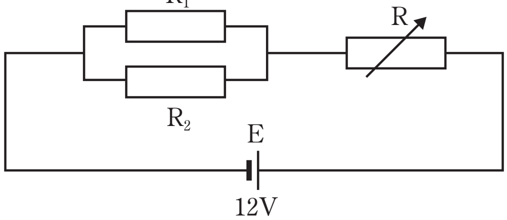


図２

問２．抵抗 R_2 に流れる電流は何 A か。［ 2 ］

問３．可変抵抗 R の抵抗値は何Ωか。［ 3 ］

問４．抵抗 R_2 で消費される電力は何 W か。［ 4 ］

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

可変抵抗Rの抵抗値を変化させて，可変抵抗における消費電力を抵抗R_2における消費電力と等しくなるようにしたい。

問5．可変抵抗Rの抵抗値は何Ωにしたらよいか。 [5]

〔解答群〕

(ア)　0.0	(イ)　0.25	(ウ)　0.50	(エ)　1.0
(オ)　1.2	(カ)　1.5	(キ)　2.0	(ク)　3.0
(ケ)　4.0	(コ)　5.0	(サ)　6.0	(シ)　12

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第 34 講　解答

1

［A］

$$i_1=\frac{E}{3R}\qquad I_1=\frac{E}{3R}\qquad V_1=\frac{E}{3}\qquad P_1=\frac{E^2}{3R}$$

$$i_2=\frac{E}{2R}\qquad I_2=\frac{3E}{2R}\qquad V_2=\frac{E}{2}\qquad P_2=\frac{3E^2}{2R}$$

$$i_3=\frac{E}{R}\qquad I_3=\frac{3E}{R}\qquad V_3=E\qquad P_3=\frac{3E^2}{R}$$

［B］

(1)　5.0［mA］　(2)　8.0［V］　(3)　2.5×10［mA］

(4)　3.2×10^2［Ω］　(5)　2.5×10^{-1}［W］

2

(1)　$5+\dfrac{rR}{r+R}$［Ω］　(2)　$\dfrac{25(r+R)}{5(r+R)+rR}$［A］　(3)　$\dfrac{25R}{5(r+R)+rR}$［A］

(4)　15［Ω］　(5)　50［W］　(6)　4［Ω］

3

1　⑦　2　②　3　④　4　⑥　5　⑦

6　③(⑪でも可)　7　⑩　8　⑫

※6について：$W_E=F_1\cdot v=\dfrac{eV}{l}\cdot v=\dfrac{evV}{l}$　…選択肢③

$W_E=F_1\cdot v=\dfrac{eV}{l}\cdot\dfrac{eV}{kl}=\dfrac{e^2V^2}{kl^2}$　…選択肢⑪

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第 34 講　確認テスト

【解答】

1　(ケ)　　2　(エ)　　3　(キ)　　4　(ケ)　　5　(イ)

【解説】

問1

グラフを読み取ると，抵抗値は

$$R_1=\frac{4\,[\mathrm{V}]}{3\,[\mathrm{A}]}=\frac{4}{3}\ [\Omega],\ \ R_2=\frac{4\,[\mathrm{V}]}{1\,[\mathrm{A}]}=\mathbf{4.0}\ [\Omega]_{_1}$$

問2

このとき，$\mathrm{R_1}$，$\mathrm{R_2}$ に流れる電流の大きさを i_1，i_2 とすると，$\mathrm{R_1}$ と $\mathrm{R_2}$ が並列であることから，

$$i_1R_1=i_2R_2 \qquad \therefore\quad i_2:i_1=R_1:R_2=\frac{4}{3}:4=1:3$$

となる。よって，

$$i_1=\frac{3}{4}\times 4=3.0\ [\mathrm{A}],\ \ i_2=\frac{1}{4}\times 4=\mathbf{1.0}\ [\mathrm{A}]_{_2}$$

問3

$\mathrm{R_1}$ と $\mathrm{R_2}$ の並列部にかかる電圧は，$i_1R_1=3.0\times\dfrac{4}{3}=4.0$ [V] となるから，可変抵抗にかかる電圧は，$12-4=8.0$ [V] となる。よって，

$$R=\frac{8.0\,[\mathrm{V}]}{4.0\,[\mathrm{A}]}=\mathbf{2.0}\ [\Omega]_{_3}$$

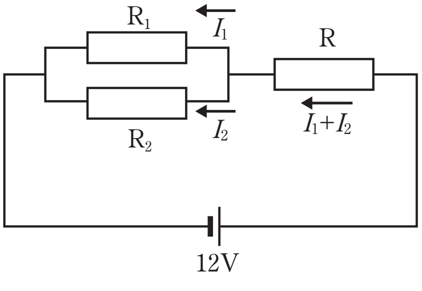
問4

$$i_2{}^2R_2=1^2\times 4=\mathbf{4.0}\ [\mathrm{W}]_{_4}$$

問5

図のように，I_1，I_2 をおく。キルヒホッフの第２法則より，

$$\begin{cases} I_1R_1=I_2R_2 \\ 12=I_1R_1+(I_1+I_2)R \end{cases}$$



$R_1=\dfrac{4}{3}$，$R_2=4$ を代入して，２式より

$$I_1=\frac{9}{1+R},\ \ I_2=\frac{3}{1+R}$$

を得る。よって，求めるべき条件は

$$I_2{}^2R_2=(I_1+I_2)^2R$$

$$\left(\frac{3}{1+R}\right)^2\cdot 4=\left(\frac{12}{1+R}\right)^2\cdot R \qquad \therefore\quad R=\mathbf{0.25}\ [\Omega]_{_5}$$

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。